

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. Februar 2001 (01.02.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/07055 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: A61K 31/713, 31/711, A61P 37/04 (74) Anwalt: BOECKH, Tobias; Vinck & Hertin, Uhlandstr. 173/174, D-10719 Berlin (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/00565 (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (22) Internationales Anmeldedatum: 24. Februar 2000 (24.02.2000)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 199 35 756.0 27. Juli 1999 (27.07.1999) DE (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): MOLOGEN FORSCHUNGS-, ENTWICKLUNGS- UND VERTRIEBS GMBH [DE/DE]; Fabeckstr. 30, D-14195 Berlin (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): JUNGHANS, Claas [DE/DE]; Taurogener Str. 42, D-10589 Berlin (DE). WITTIG, Burghardt [DE/DE]; Offenbacher Str. 5, D-14197 Berlin (DE). KÖNIG MEREDIZ, Sven [DE/DE]; Keithstr. 8, D-10787 Berlin (DE). SCHROFF, Matthias [DE/DE]; Friedbergstr. 5, D-14057 Berlin (DE).
- Veröffentlicht:  
— Mit internationalem Recherchenbericht.
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: COVALENTLY CLOSED IMMUNOSTIMULATING NUCLEIC ACID MOLECULE

(54) Bezeichnung: KOVALENT GESCHLOSSENES NUKLEINSÄUREMOLEKÜL ZUR IMMUNSTIMULATION

(57) Abstract: The invention relates to deoxyribonucleic acid molecules that are useful for stimulating the immune response in higher animals or humans, especially those deoxyribonucleic acid molecules that comprise unmethylated CpG-containing sequences with immunostimulatory properties. According to the invention, said molecules are composed of a partially self-complementary, covalently closed circular single strand that is structured as a loop. The inventive molecules have a higher stability *in vivo* or a higher compatibility vis-à-vis immunostimulatory nucleic acid sequences.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Desoxyribonukleinsäuremoleküle, welche zur Stimulation einer Immunantwort in höheren Tieren oder Menschen geeignet sind, insbesondere solche Desoxyribonukleinsäuremoleküle, welche unmethylierte CpG-haltige Sequenzen mit immunstimulatorischen Eigenschaften aufweisen. Erfindungsgemäß sind diese Moleküle aus einem teilweise selbstkomplementären, kovalent ringförmig geschlossenen Einzelstrang aufgebaut und weisen gegenüber immunstimulatorischen Nukleinsäuresequenzen eine höhere Stabilität *in vivo* bzw. eine höhere Verträglichkeit auf.

WO 01/07055 A1

## Kovalent geschlossenes Nukleinsäuremolekül zur Immunstimulation

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft die Modulation der Aktivität des menschlichen oder tierischen Immunsystems durch Nukleinsäuremoleküle, besonders solche Nukleinsäuremoleküle, welche unmodifizierte CpG-Nukleosidbausteine aufweisen, die immunmodifizierend wirken können.

- 5 Seit einigen Jahren ist bekannt, dass bestimmte kurze Nukleinsäuresequenzen eine erhebliche physiologische Wirkung aufweisen können, indem sie über bisher unbekannte Mechanismen Effektorzellen des Immunsystems stark stimulieren. Diese immunstimulatorischen Nukleinsäuresequenzen („ISS“) sind nur einige Basen lang und wirken nicht über die Expression von auf ihnen kodierten Proteinen. Die meisten bekannten immunmodifizierenden kurzen Oligodesoxyribonukleotidsequenzen (10 „ODN“) enthalten ein unmethyliertes Cytosin-Guanosin-Motiv (CpG-Motiv) (Krieg AM, Yi AK, Matson S, Waldschmidt TJ, Bishop GA, Teasdale R, Koretzky GA, Klinman DM; CpG motifs in bacterial DNA trigger direct B-cell activation; Nature 1995 Apr 6 374:6522 546-9). Es wird angenommen, dass die Erkennung dieses Motivs (15 durch bisher nicht aufgeklärte Erkennungsmechanismen in der eukaryoten Zelle zu einer Art Notrufmechanismus führt, der eine gegen virale oder bakterielle Erreger gerichtete Reaktion auslöst. Gemäß diesem Erklärungsvorschlag soll die Erkennung von CpG-Motiven, deren Vorkommen im Genom von Eukaryonten gegenüber dem von Prokaryonten erheblich unterdrückt ist, dem höheren Tier als „Warnsignal“ dienen. Das Vorhandensein der CpG-Motive signalisiert nach dieser Theorie eine (20 Infektion durch prokaryote Erreger, und deren Erkennung ermöglicht eine Bekämpfung unabhängig von bzw. vor der Ausbildung einer T-Helferzell-vermittelten Immunantwort. Die T-Helferzell-unabhängige Stimulierung und Proliferation von B-Zellen wird dadurch ermöglicht, dass für T-Zell- und B-Zell-Aktivierung notwendige kostimulatorische Signale, vor allem die Sekretion von Zytokinen der zellulären sog. (25 Typ 1-Antwort (Th1-spezifische Zytokine wie Interferon gamma, IL-7, IL-12), durch die CpG-abhängigen Signalwege bereitgestellt werden. Außerdem wird durch ISS

die Aktivität von NK-Zellen und Makrophagen erhöht. Die Aktivität der sog. Typ-2 Zytokine (IL-4, IL-10) wird demgegenüber unterdrückt, wahrscheinlich durch einen Antagonismus zwischen Th1- und Th2-Antwort (Seder RA und Paul WE, Acquisition of lymphokine-producing phenotype by CD4+ T cells; Annu Rev Immunol. 5 1994;12:635-73).

Die starke Stimulation der zellulären Immunantwort ermöglicht eine Einflußnahme auf Regelkreisläufe, die ohne Eingriff nicht zu einer für den Patienten befriedigenden Immunaktivität führen. Dazu gehört die Induktion einer Antwort gegen „schwache“, d.h. im Rahmen der MHC-I-Präsentation nicht aktivierende Antigene, wie z.B. 10 Bruchpunktpeptide aus chromosomalen Translokationen oder mutierten Onkogenen, wie sie bei Tumorerkrankungen häufig auftreten (Melief CJ, Kast WM; T-cell immunotherapy of cancer; Res Immunol 1991 Jun-Aug;142(5-6):425-9; ebenfalls: Pasternak G, Hochhaus A, Schultheis B, Hehlmann R; Chronic myelogenous leukemia: molecular and cellular aspects; J Cancer Res Clin Oncol 1998;124(12):643- 15 60). Ebenfalls erwünscht könnte das Brechen der Toleranz gegenüber Autoantigenen, wie etwa der im Tumorzellen des malignen Melanoms exprimierten und MHC-I-repräsentierten Tyrosinase oder Tyrosinhydroxylase (Weber LW, Bowne WB, Wolchok JD, Srinivasan R, Qin J, Moroi Y, Clynes R, Song P, Lewis JJ, Houghton AN; Tumor immunity and autoimmunity induced by immunization with homologous DNA; 20 J Clin Invest 1998 Sep 15;102(6):1258-64; Surman DR, Irvine KR, Shulman EP, Allweis TM, Rosenberg SA, Restifo NJ; Generation of polyclonal rabbit antisera to mouse melanoma associated antigens using gene gun immunization; Immunol Methods; 1998 May 1;214(1-2):51-62 ) sein. Ein weiterer, erheblich wichtiger Aspekt ist der Adjuvanzeffekt der ISS bei prophylaktischen Impfungen sowie die Möglichkeit, 25 die Reaktion auf eine bestehende Infektion von einer Typ-2-Antwort auf eine Typ-1-Antwort „umzupolen“ und so zur Bekämpfung des Erregers instand zu setzen (Kovarik J, et al. CpG oligodeoxynucleotides can circumvent the Th2 polarization of neonatal responses to vaccines but may fail to fully redirect Th2 responses established by neonatal priming; J Immunol. 1999 Feb 1;162(3):1611-7). Für eine Vielzahl von 30 Erregern ist gezeigt worden, dass der Typ der Immunantwort den Verlauf der Infektion bzw. das Überleben des Patienten entscheidend beeinflusst. Soweit allergische Reaktionen ein Überschießen einer Typ-2-Antwort darstellen, wird auch für solche Indikationen ein therapeutischer Effekt von ISS erwartet.

Es ist beobachtet worden, dass bestimmte CpG-haltige Sequenzen einen die Stimulation durch ISS neutralisierenden Charakter haben, das heißt, das solche Sequenzen den stimulatorischen Effekt der ISS unterdrücken können, wenn sie diesen zugegeben werden (Krieg AM, Wu T, Weeratna R, Efler SM, Love-Homan L, Yang L, Yi AK, Short D, Davis HL; Sequence motifs in adenoviral DNA block immune activation by stimulatory CpG motifs; Proc Natl Acad Sci U S A 1998 Oct 13;95(21):12631-6). Ohne den zugrundeliegenden Mechanismus der Wirkung dieser als neutralisierende CpG ("CpG-N") beschriebenen Sequenzmotive genau aufgeklärt zu haben, implizieren die Autoren der zitierten Veröffentlichung, dass dieser Effekt auf eine Hemmung der ISS-Stimulation beschränkt sei. Soweit der Mechanismus der Immuninduktion durch ISS nicht geklärt ist, kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass auch andere immunmodifizierende Wirkungen von diesen CpG-N-Motiven ausgehen, die therapeutisch verwertbar wären.

Es gibt mindestens eine Krankheit beim Menschen, den systemischen Lupus Erythematosus, die sich durch die Nachweisbarkeit von anti-DNA-Antikörpern im Patientenserum auszeichnet und bei der ein etiologischer Zusammenhang mit einer Reaktion auf bakterielle ISS vermutet wird (Krieg AM, CpG DNA: a pathogenic factor in systemic lupus erythematosus?, J Clin Immunol 1995 Nov;15(6):284-92). Für solche und andere Indikationen wäre eine Hemmung des zugrundeliegenden Mechanismus durch CpG-N-Motive vorteilhaft.

Unabhängig von der Aufklärung des zugrundeliegenden Mechanismus ist das Potential der CpG-Sequenzen für die Beeinflussung der Immunantwort erheblich und hat zu einem explosiven Interesse der Wissenschaft an dem Phänomen und den Möglichkeiten seiner Anwendung in Therapie und Prophylaxe von Infektionen, Tumorerkrankungen und Immundefekten geführt.

Die Literatur zu ISS behauptet (s. z.B. WO09818810A1, S. 17, II 29-30) und dies wird durch die vorliegende Erfindung bestätigt (s.u.), dass CpG-haltige, immunstimulatorische Sequenzen eine höhere Wirkung zeigen, wenn sie einzelsträngig vorliegen. Die Verabreichung kurzer, offenkettiger einzelsträngiger ISS-Oligodesoxynukleotide zur Immunmodifikation liegt demnach nahe und ist Gegenstand zahlreicher experimenteller Ansätze zur Behandlung von Infektions-, Tumor- und Autoimmunerkrankungen. Allerdings werden offenkettige einzelsträngige Oligodesoxynukleotide von extra- und intrazellulären Exonukleasen

godesoxynukleotide von extra- und intrazellulären Exonukleasen sehr schnell abgebaut und sind deshalb *in vivo* schwer einsetzbar. Die genannten Nukleasen haben eine erheblich gesenkte enzymatische Aktivität gegenüber modifizierten Phosphor-esterbindungen im Rückgrat der Nukleinsäurepolymere; dies hat dazu geführt, dass

5 Phosphorthioester ("Thioate") oder reduzierte Phosphorverbindungen (Phosphonate) in chiraler oder achiraler Form für solche Anwendungen eingesetzt werden, in denen einzelsträngige Nukleinsäuremoleküle in den Patienten eingebracht werden sollen. Diese modifizierten Verbindungen können durch Festphasensynthese hergestellt werden, z.T. allerdings nur in erheblich aufwendigeren Verfahren im Vergleich

10 mit der klassischen DNA-Amiditsynthese. Diese Verbindungen sind aus der Antisense-Forschung bekannt; in klinischen Studien zu Antisense-Strategien zeigte sich allerdings auch, dass sie erhebliche Nebenwirkungen, vor allem auf das Blutgerinnungssystem und das Komplementsystem, haben (siehe z.B. Sheehan und Lan, Blood 92, 1617-1625 (1998)). Im Zusammenhang mit der Verwendung von Thi-

15 ophosphorsäurederivaten zum Nukleaseschutz von ISS ist außerdem gezeigt worden, dass die Sequenzen weniger stimulatorische Aktivität zeigen, wenn die eigentlich wirksamen Cytosin-Guanosinreste mit den zur Aktivität notwendigen flankierenden Sequenzen selber geschützt sind (siehe dazu WO 98/18810).

Die Lehre von Gebrauch und Herstellung immunstimulatorischer, CpG-enthaltender ISS ist in der WO 98/18810 sowie den darin zitierten Schriften umfassend erläutert. Ausführlich wird in der WO 98/18810 auf die Notwendigkeit des Schutzes von Oligodesoxynukleotiden von Exonukleasen eingegangen. Es werden mehrere Lösungsvorschläge für das Problem der mangelnden Stabilität *in vivo* genannt, die sich jedoch jeweils ausdrücklich auf einzelsträngige lineare ODN be-

20 schränken; so werden Thiophosphatester, Dithiophosphatester oder Phosphonate genannt. Die Möglichkeit der Stabilisierung des ODN durch Ausbildung von Sekundärstrukturen, vor allem einer Haarnadel (sog. Stamm-Schleifen-Struktur, engl. „stem-loop“) wird in WO 98/18810 erwähnt. Die Herstellung und der Gebrauch von Phosphothioatoligomeren im Zusammenhang mit immunstimulatorischen Sequen-

25 zen ist in der US 5,663,153, US 5,723,335 sowie in der US 5,856,462 beschrieben.

Eine andere Strategie zum Schutz der einzelsträngigen Sequenzen ist in der US 5,750,669 beschrieben. Dabei werden die Enden des Oligomers mit über 5'-5'- und

3'-3'-Bindungen gekoppelten Nukleosidresten versehen, die den exonukleolytischen Abbau hemmen.

Lineare Oligodesoxynukleotide, welche eine Haarnadel-Struktur am 3'-Ende aufweisen (Hosono et al., Biochim Biophys. Acta 244, 339-344 (1995)) sind aus der Antisense-Forschung bekannt.

Doppelt-haarnadelförmige oder kovalent geschlossene „Hantel“-förmige ODN sind aus experimentellen Ansätzen bekannt, bei denen die Konkurrenz von Bindungsstellen für DNA-bindende Proteine wie Transkriptionsfaktoren im Mittelpunkt der Untersuchung stand (Lim et al. 1997, Nuc. Acids Res. 25, 575-581; Blumenfeld et al., Nuc. Acids Res. 1993, 21, 3405-3411).

Die Autoren der die gesamte technische Lehre der immunstimulatorischen Sequenzen begründenden Anmeldeschrift WO 98/18810 sprechen in einer Publikation davon, dass zum gegebenen Zeitpunkt die Verwendung isolierter ISS wegen deren Stabilitäts- und Toxizitätsproblemen nicht praktikabel sei und sie in Vektorsequenzen eingebaut werden müssten (Weeratna R, Brazolot Millan CL, Krieg AM, Davis HL; Reduction of antigen expression from DNA vaccines by coadministered oligodesoxynucleotides. Antisense Nucleic Acid Drug Dev 1998 Aug;8(4):351-6).

Zusammenfassend ist also festzustellen, dass ISS-ODN ein erhebliches Potential haben, vorteilhafte therapeutische oder prophylaktische immunologische Ansätze zu ermöglichen, jedoch aufgrund der mangelnden Stabilität oder zu hohen Toxizität der wirksamen einzelsträngigen Moleküle für die Anwendung im humanmedizinischen Bereich verbessert werden müssen.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, geeignete Molekülstrukturen zur Verfügung zu stellen, welche immunstimulatorische und/oder immunmodifizierende exonukleasestabile Desoxyribonukleotidsequenzen enthalten, wobei auf die aus der Natur bekannten Bausteine der phosphorsäurediesterverknüpften Desoxyribonukleinsäure zurückgegriffen werden soll.

Die Bemühungen hinsichtlich der Herstellung nukleasestabiler ISS-ODN konzentrierte sich in der Vergangenheit hauptsächlich auf die Bereitstellung neuer, besser verträglicher Basenmodifikationen in einzelsträngig-linearen Molekülen. Um zu einer besseren Einschätzung der Bedeutung des Einzelstranganteils in den ODN zu kommen, wurden Experimente durchgeführt, in denen die zu untersuchenden Sequenzen teilweise einzelsträngig, doppelsträngig als zwei lineare hybridisierende Stränge sowie als teilweise doppelsträngiges, kovalent geschlossenes ringförmiges Molekül synthetisiert wurden. Überraschenderweise zeigte sich, dass auch doppelsträngige Moleküle mit der relevanten immunstimulatorischen Sequenz im Doppelstrangbereich eine nennenswerte stimulatorische Wirkung ausübten, obwohl nicht anzunehmen wäre, dass diese Sequenz außerhalb eines stark denaturierend wirkenden Milieus hauptsächlich im Einzelstrang vorliegt. Des weiteren zeigte sich allerdings überraschenderweise, dass Moleküle, welche die stimulatorisch wirkenden Sequenzmotive im Einzelstrang-Schleifenbereich aufwiesen, neben der erwarteten stimulatorischen Aktivität eine sehr hohe Stabilität im Serum aufwiesen, was ihre Verwendung als ISS-ODN nahelegte.

Erfindungsgemäß wird demnach die oben geschilderte Aufgabe dadurch gelöst, dass kurze Desoxyribonukleinsäuremoleküle hergestellt werden, welche aus einer teilweise einsträngigen, hantelförmigen, kovalent geschlossenen Folge von Nukleosidresten bestehen und eine oder mehr Sequenzen der Basenfolge  $N^1N^2CGN^3N^4$  enthalten, wobei  $N^1N^2$  ein Element aus der Gruppe GT, GG, GA, AT oder AA,  $N^3N^4$  ein Element aus der Gruppe CT oder TT, sowie C Desoxycytosin, G Desoxyguanosin, A Desoxyadenosin und T Desoxythymidin ist. Solche kovalent geschlossenen Desoxyribonukleinsäuremoleküle kann man aus offenkettigen Desoxyribonukleinsäuremolekülen, welche eine in Teilen selbstkomplementäre Sequenz aufweisen und miteinander oder einem zweiten Molekül ein intermediär stabiles Hybrid bilden können, welches einen geschlossenen Doppelstrangbereich mit einer Lücke im Zucker-Phosphatrückgrat aufweist, durch Ligation dieser Lücke im Rückgrat durch ein geeignetes Enzym, etwa die DNA-Ligase aus dem Bakteriophagen T4, gewinnen. Alternativ kann ein erfindungsgemäßes Molekül auch durch intramolekulare Ligation eines Moleküls, welches mindestens zwei selbstkomplementäre Bereiche aufweist, welche durch nur eine Lücke im Phosphatrückgrat getrennt sind, gewonnen werden.

- 7 -

Die gewonnenen Moleküle weisen keine freien 5'- oder 3'- Enden auf und sind somit nicht für Exonukleasen zugänglich.

Unter kurzen Desoxyribonukleinsäuremolekülen werden im Sinne der Erfindung solche verstanden, die eine Kettenlänge von bis zu 200, bevorzugt 48 bis 116 Nukleotiden aufweisen. Nukleinsäuren mit derartigen „kurzen“ Kettenlängen sind in den Zeichnungen offenbart (vgl. Abb. 2: die *in vivo* getesteten hantelförmigen Konstrukte NoSS30, ISS30, ISS30-ds, ISS30-sl, ISS13, AT-2L, AT-1L sowie mini).

Die beanspruchten Desoxyribonukleinsäuremoleküle weisen die Sequenz

a) (beispielsweise in der Sequenz „mini“ (Abb. 2))

10 GTTCCTGGAG ACGTTCTTAG GAACGTTCTC CTTGACGTTG GAGAGAAC

oder

b) (beispielsweise in der Sequenz „AT-2L“ (Abb. 2))

ACCTTCCTTG TACTAACGTT GCCTCAAGGAA GGTGATCTT CATAACGTTG  
CCTAGATCA

15 auf, oder sie enthalten eine Sequenz der Basenfolge

c) AACG TTCTTCGGGG CGTT

Vorzugsweise ist Sequenz c) in der Sequenz „ISS30“ (Abb. 2)

CCTAGGGGTT ACCACCTTCA TTGGAAAACG TTCTTCGGGG CGTTCTTAGG  
TGGTAACC CCTAGGGGTT ACCACCTTCA TTGGAAAACG TTCTTCGGGG  
20 CGTTCTTAGG TGGTAACC

enthalten.



Desoxyribonukleinsäuremoleküle, die aus einer teilweise einsträngigen, hantelförmigen, kovalent geschlossenen Kette von Desoxyribonukleosidresten bestehen und eine oder mehrere Sequenzen der Basenfolge  $N^1N^2CGN^3N^4$  enthalten, wobei  $N^1N^2$  ein Element aus der Gruppe GT, GG, GA, AT oder AA,  $N^3N^4$  ein Element aus der Gruppe CT oder TT, sowie C Desoxycytosin, G Desoxyguanosin, A Desoxyadenosin und T Desoxythymidin ist, werden zur Immunstimulation und/ oder zur Immunmodifizierung in Menschen oder höheren Tieren verwendet.

Immunstimulation heißt in diesem Zusammenhang, dass die Mittler- und Effektorzellen des Immunsystems, also vor allem die zur Zeit bekannten Thymozyten mit Helferfunktion und die cytotoxischen Thymozyten, B-Zellen und sog. NK (natural killer)-Zellen, Makrophagen und Monozyten sowie dendritische Zellen und ihre Vorläufer, sowie bisher in ihrer Funktion nicht aufgeklärte Zellpopulationen mit Funktionen innerhalb des Immunsystems, durch die erfindungsgemäße Verwendung von Nukleinsäuremolekülen zur Proliferation, Migration, Differenzierung oder Aktivität angeregt werden. Ein wesentlicher Aspekt der Immunstimulation ist es z.B., dass B-Zellen, die zur Proliferation normalerweise ein ko-stimulatorisches Signal von Helferthymozyten benötigen, unter Einwirkung von immunstimulatorischen Nukleinsäuresequenzen auch ohne kostimulatorische Signale proliferieren können.

Immunmodifikation oder -modulation heißt in diesem Zusammenhang, dass neben einer generellen Stimulation im oben definierten Sinne auch die Art oder der Charakter einer Immunreaktion beeinflusst wird, sei es, dass eine im Entstehen oder der Reifung begriffene Immunreaktion davon betroffen ist, sei es, dass eine schon etablierte Reaktion in ihrem Charakter verändert wird.

Ein Beispiel dafür ist die Wirkung von CpG-haltigen Oligodesoxynukleotiden auf die Entwicklung der Immunreaktion. Unter der Einwirkung dieser Substanzen schütten u.a. Makrophagen und Monozyten typischerweise Interleukin-12 aus, welches seinerseits die Sekretion von Interferon gamma durch NK-Zellen und Helferthymozyten des cytotoxischen Typs anregt. Interferon gamma seinerseits ist ein Stimulator einer Reihe von Komponenten der zytotoxischen, zellvermittelten Immunantwort, darunter CD8-positive Killerzellen, sowie ein potenter Antagonist der von Interleukin-4 vermittelten Bildung von löslichen Antikörpermolekülen vom Subtyp IgG1.

Gesamteffekt einer solchen Immunmodulation durch ISS wäre die Induktion einer zytotoxischen Immunantwort bei Erregern, auf die der Patient bzw. das Versuchstier ohne Modulation mit einer antikörpervermittelten Antwort reagieren würde. (Immunostimulatory oligodeoxynucleotides promote protective immunity and provide systemic therapy for leishmaniasis via IL-12- and IFN-gamma-dependent mechanisms. Walker et al., Proc Natl Acad Sci USA 1999 Jun 8 96:12 6970-5)

Ein Beispiel für die Immunmodulation im klinischen Zusammenhang ist die erfindungsgemäße Anwendung von ISS im klinischen Bild der Allergie oder atopischen Reaktion. Bestimmte Formen dieser Erkrankung sind dadurch ausgezeichnet, dass die betroffenen Patienten einen erheblich über Normwerte erhöhten Plasmaspiegel von Immunglobulinen des Typs E (IgE) aufweisen. Dieser erhöhte Spiegel an IgE ist nicht nur ein Symptom der Erkrankung, sondern trägt über die Signalketten der Bindung von IgE an Effektorzellen des Immunsystems und nachfolgende Ausschüttung von Chemokinen und parakrinen Botenstoffen, besonders Histamin, zum klinischen Bild der lokalen oder systemischen Überreaktion entscheidend bei. Eine Modulation dieser Immunantwort ist Ziel zahlreicher Forschungsvorhaben. Ein vielversprechender Ansatz ist dabei die Behandlung der Patienten mit immunstimulatorischen ODN.

Die beanspruchten Desoxyribonukleinsäuremoleküle mit den oben genannten konkreten Sequenzen oder Sequenzbereichen weisen bevorzugt eine Länge von bis zu 200, besonders bevorzugt von 48 bis 116 Nukleotiden auf (vgl. Sequenz ISS 30 (Abb. 2).

Die erfindungsgemäßen Desoxyribonukleinsäuremoleküle werden in einer Form verwendet, bei der die Sequenz der Basenfolge  $N^1N^2CGN^3N^4$  bevorzugt im einsträngigen Bereich liegt.

Bei der Verwendung der erfindungsgemäßen Desoxyribonukleinsäuremoleküle kann die Stimulierung *in vitro* oder *in vivo* erfolgen.

Des weiteren werden die erfindungsgemäßen Desoxyribonukleinsäuremoleküle als Adjuvanz in der therapeutischen oder prophylaktischen Vakzinierung verwendet. Indiesem Zusammenhang ist auch die Verwendung der Desoxyribonukleinsäuremo-

leküle zum „Umpolen“ einer Typ2-Immunantwort auf eine Typ1-Antwort bevorzugt. Darunter wird der Adjuvanzeffekt der ISS bei prophylaktischen Impfungen verstanden, nämlich die Möglichkeit, die Reaktion auf eine bestehende Infektion von einer Typ-2-Antwort auf eine Typ-1-Antwort „umzupolen“ und so zur Bekämpfung des Erregers instand zu setzen.

Weitere vorteilhafte Maßnahmen sind in den übrigen Unteransprüchen beschrieben; die Erfindung wird anhand der folgenden Beispiele näher beschrieben:

Beispiel 1: Synthese der erfindungsgemäßen Nukleinsäuremoleküle

5'-Phosphorylierte ODN der Sequenz CCTAGGGGTT ACCACCTTCA TTGGAA-AACG TTCTTCGGGG CGTTCTTAGG TGGTAACC (TIB-Molbiol, Berlin) wurden 5 min auf 90°C erhitzt und anschließend auf Eis gekühlt, um die Ausbildung der Haarnadelstruktur zu ermöglichen. Selbstkomplementäre Überhänge wurden bei einer Endkonzentration von 1 µg/µl DNA in Gegenwart von T4-DNA Ligase (0,1 U/µg ODN) 24 h bei 37°C ligiert. Nach Phenolextraktion und anschließender Extraktion mit Chloroform sowie Präzipitation mit Isopropanol in Anwesenheit von MgCl<sub>2</sub> (f.c. 10 mM) und NaAc (f.c. 300 mM) wurde das Produkt nach Zentrifugation und Aufnehmen in Wasser erhalten.

Zur Reinigung von Endotoxinen wurde das Ligationsprodukt einer anschließenden Anionenaustauschchromatographie (Trägermaterial: LiChrospher DMAE, Merck Darmstadt; 0-1M NaCl in 50 mM NaPhosphat) unterworfen und durch Isopropanolpräzipitation konzentriert. Für in-vivo-Versuche wird das Verfahren unter sterilen Bedingungen durchgeführt und das Endprodukt in sterilem PBS aufgenommen.

Beispiel 2: Milzzellengewinnung und Zellkultur, Zytokin-Assays

Milzzellen wurden aus frischen Milzen von 5-10 Wochen alten BALB/c Mäusen (Bomholtgard Breeding & Research Center, Dänemark) gewonnen. Zwei frisch isolierte Milzen wurden mit Hilfe eines 40 µm Metallfilters homogenisiert und die gewonnenen Zellen wurden in 20 ml RPMI 1640 (10% FCS, 100 U/ml Penicillin und 100 µg/ml Streptomycin, Biochrom, Berlin) aufgenommen. Erythrozyten und Plättchen wurden durch Gradientenzentrifugation (Ficoll 1.077; Biochrom, Berlin) ent-

fernt. Die Zellen wurden in einer Endkonzentration von  $10^6$  Zellen/ml bei 37°C in einem mit 5% CO<sub>2</sub> gespülten Brutschrank inkubiert.

10<sup>5</sup> frisch isolierte Milzzellen wurden in 96-Loch-Platten mit den nach Beispiel 1 hergestellten Konstrukten für 24 h inkubiert. Die Konzentration der Konstrukte betrug dabei 2 µM. Zytokine im Überstand wurden durch ELISA (Biosource, Belgium) gemäß den Beschreibungen des Herstellers des ELISAs bestimmt. Für alle Meßpunkte wurden mindestens Dreifachbestimmungen durchgeführt.

Die Ergebnisse dieses Versuchs sind in Abb. 2 gezeigt. Es wurden 6 Konstrukte unterschiedlicher Architektur, aber gleicher ISS untereinander verglichen. Die ISS sind jeweils durch Unterstreichung gekennzeichnet. Das aktivste Molekül ist das Phosphorthioat-geschützte, lineare Molekül (ISS30-IPS). Das ungeschützte Molekül (ISS30-I) zeigt dagegen praktisch keine Stimulation der IL-12-Produktion. Die nächsthöchste Wirkung in diesem Assay zeigt das Molekül, welches die ISS in der Schlaufe trägt (ISS30). Das Vergleichskonstrukt ohne ISS (NoSS30) zeigt dagegen keine Wirkung. Liegt die ISS im doppelsträngigen Bereich (ISS30-ds, ISS30-sl), ist die Wirkung demgegenüber deutlich verringert, aber immer noch deutlich über der Kontrolle bzw. dem ungeschützten linearen Molekül. Es zeigt sich, dass auch kleinere Konstrukte gleicher Molarität Wirkungen in der gleichen Größenordnung haben können (siehe AT-2L). In diesem Fall liegt die gemessene Wirkung sogar über der des phosphthioatgeschützten, linearen Moleküls. Ein Konstrukt mit nur einer ISS pro Molekül zeigt demgegenüber eine verringerte Wirkung (AT-1L). Letztlich läßt sich die Länge des Moleküls auf eine geringe Minimalgröße reduzieren, ohne den Effekt zu verlieren (siehe mini).

### Beispiel 3: Serumstabilität

25 5 µg des Desoxyribonukleotids WOT-11-P (Phosphat-GAAGAACGTT TTCCAAT-GAT TTTTCATTGG AAAAC) (TIB Molbiol) wurden mit 75 µCi gamma-32P-ATP (6000 Ci/mmol) (NEN) in Anwesenheit von 10u T4 Polynucleotidkinase (MBI-Fermentas, Leon-Rot) entsprechend den Angaben des Herstellers markiert. Das Enzym wurde durch Erhitzen auf 75 °C während 1 h inaktiviert. Der Ansatz wurde mit Wasser auf 50 µl und durch ZG-50 Größenausschluß-Säule (Pharmacia) gereinigt. Das radioaktiv markierte Molekül wurde mit unmarkiertem, 5'-phosphorylierten

WOT-10-P (5'Phosphat-GTTCTTCGGG GCGTTCTTTT TTAAGAACGCCCC) (TIB Molbiol) in Anwesenheit von 1 U T4 DNA Ligase (MBI-Fermentas, Leon-Rot) und 1 mM ATP 2 h bei 37°C umgesetzt. Nichtligierte ODN wurden durch nachfolgende Inkubation mit T7-DNA-Polymerase entfernt. Die Aktivität des erhaltenen Präparats wurde im Szintillationszähler (Beckmann Instruments) zu 78000 cpm/µl, entsprechend 7.800 cpm / ng bestimmt.

Für die Bestimmung der Stabilität der erhaltenen Konstrukte im Serum wurden 2.5 µl der DNA (195.000 cpm entsprechend 25 ng DNA) mit 20 µl nicht-inaktiviertem Fötalen Kälberserum (Life Technologies), alternativ frisch gewonnenem menschlichen Probandenserum, in 180 µl RPMI Medium (Life Technologies) zugegeben. Alle Bestimmungen wurden dreifach durchgeführt. Die Proben wurden bei 37°C inkubiert; 20 µl Aliquotproben wurden bei 0, 1, 2, 7, 11 und 24 h genommen und bei -40°C aufbewahrt. Je 5 µl der Proben wurden mit 20 µg/ml Proteinase K (Life) während 1h verdaut. Die Proben wurden anschließend denaturierender Polyacrylamidelektrophorese unterworfen, die Gele digitalisiert (Molecular Dynamics) und die Bandenintensität verglichen (IP Labgel). Die Auswertung ist in Abb. 3 gezeigt. Jeder Datenpunkt ist das arithmetische Mittel aus drei Bestimmungen.

#### Beispiel 4: Anwendung der Konstrukte in der Maus

Die Konstrukte wurden in vivo getestet. Sechs Wochen alte weibliche BALB/C Mäuse wurden mit je 50 µg des entsprechenden Konstrukts in 250 µl sterilem PBS intraperitoneal injiziert. Es wurden nach 2, 6, 24 und 72 h je 50 µl Blut entnommen, mit Heparin versetzt, abzentrifugiert, und das Serum bei -70°C gelagert. Die Proben wurden gemeinsam auf IL-12 mit ELISA getestet (s.o.). Alle Präparationen wurden mit dem Endotoxin-Assaysystem aus limulus (LAL-Test, BioWhittaker) auf Endotoxin getestet. Alle Proben hatten einen unter der Nachweisgrenze liegenden Endotoxin-Gehalt.

#### Beispiel 5: Inkubation von menschlichen peripheren Blutmononukleären Zellen (PBMC) mit zirkulären ISS-ODN

PBMC werden aus Blutspenden eines Probanden mit erhöhtem IgE-Spiegel nach bekannten Methoden isoliert und in einer Konzentration von  $10^6$  Zellen pro ml in

RPME-Medium (10% fötales Kälberserum (FCS)) inkubiert. Man gibt zu den Proben jeweils

A: nichts (Kontrolle);

B: 1 µg/ml anti-CD-40-Antikörper sowie 5 ng/ml IL-4;

5 C: 1 µg/ml anti-CD-40-Antikörper, 5 ng/ml IL-4 sowie 2 µM der erfindungsgemäßen ODN ISS30;

D: 2 µM der erfindungsgemäßen ODN ISS30;

10 und inkubiert die Zellen 10 Tage bei 37° Grad im Brutschrank unter Standard-Zellkulturbedingungen. Anschließend werden die Zellen abzentrifugiert und IgE per ELISA aus dem Überstand bestimmt. Man erhält als Werte (alle Werte in ng IgE pro ml Überstand)

	A	B	C	D
Proband 1	9,2	10,3	3,8	4,3
Proband 2	4,6	6,7	1,7	3,0
Proband 3	1,5	3,2	0,6	0,1

#### Beispiel 6:

Ein anderer Aspekt der Immunstimulation ist die verbesserte Reifung von Dendritischen Zellen unter Einwirkung von ISS-ODN. Ein Beispiel ist die Gewinnung von CD14, CD8 und CD4 positiver Zellen

15 a) Gewinnung von CD14, CD8 und CD4 positiver Zellen

20 Dendritische Zellen (DC) CD14 positive Zellen wurden mittels magnetischer Partikel (Milteniy Biotec, Bergisch Gladbach, Germany) isoliert wie vom Hersteller beschrieben. Dazu wurden mononukleäre Zellen aus periphärem Blut gesunder Spender über einen Ficoll-Dichtegradienten (Pharmacia) isoliert und erst mit den für den jeweiligen Oberflächenmarker spezifischen Magnetpartikeln auf den entsprechenden Trennsäulen separiert.

b) Reifung dendritischer Zellen

CD14-positive Zellen der monozytären Linie wurden in CellGro Medium (Cell Genix, Freiburg) kultiviert, welches Glutamax I (Gibco Life, Karlsruhe), GM-CSF (800 U/ml, Leucomax 300; Novartis Pharma GmbH) und IL-4 (500 U/ml, R&D Systems GmbH) enthielt. Am Tage drei und fünf wurde jeweils die Hälfte des Mediums gegen frisches Medium ausgetauscht. Am Tag sieben wurde das Medium vollkommen erneuert und zusätzlich mit Prostaglandin E2 (1 µg/ml, Sigma), TNFa (20 ng/ml, Sigma), IL-6 (1000 U/ml, R&D Systems GmbH) und 2 µM der erfindungsgemäßen ISS 30 angereichert.

c) IFN-gamma ELISpot assay

10 Nitrozellulose beschichtete Mikrotiterplatten (96 fach) HA S45 (Milipore, Eschborn) wurden bei 4 Grad über Nacht mit Anti-Interferon (IFN) gamma (10 µg/ml, Mabtech) beschichtet und anschließend mit 5% menschlichem Serumalbumin (HSA) geblockt (Baxter, Unterschleißheim). Die Platten wurden gewaschen und anschließend mit 50 µl wie beschrieben gereifter Dendritischer Zellen (DC) ( $2 \times 10^5$ /ml) und 50 µl wie 15 beschrieben gewonnenen CD4-positiven T-Zellen ( $2 \times 10^6$ /ml) 72 h bei 37 °C und 7 % CO<sub>2</sub> mit 100 µl der entsprechenden Antigene inkubiert. 10 Lf Tetanustoxoid (TT) (Chiron Behring GmbH & Co., Marburg) wurden als Antigene verwendet. Nach ausgiebigem Waschen wurden die Platten mit IFN gamma spezifischem, biotinyliertem Antikörper aus Maus (5 µg/ml, Mabtech, Germany) inkubiert und dieser mit Avidin- 20 gekoppelter Alkaliner Phosphatase (Sigma-Aldrich, Steinheim) und nachfolgender Farbreaktion mit BCIP-NBT (Sigma-Aldrich) nachgewiesen. Die Analyse der Spots erfolgte mit computerunterstützter Videoanalyse (KS400 imaging system software, Carl Zeiss, Eching) auf einem Carl Zeiss Vision Mikroskop Axioplan 2.

Die Anwesenheit von erfindungsgemäßen ISS-ODN bewirkte eine erhebliche Steigerung der Zahl an Spots im IFN-gamma ELISpot. Zusätzlich steigerte die Anwesenheit von ISS-ODN während der Ko-Inkubation der Dendritischen und T-Helferzellen die Antigenspezifität der Reaktion erheblich; so änderte sich der Quotient von TT-spezifischen (TT anwesend während der Ko-inkubation auf der ELISpot-Platte) zu unspezifischen (kein TT) Spots von 8.9 (mit ISS) zu 2.8 (ohne ISS).

30 Kurze Erläuterung der Zeichnungen:

Abb. 1 zeigt beispielhaft ein erfindungsgemäßes Konstrukt, enthaltend zwei CpG-Motive, schematisch. Die ISS sind unterstrichen dargestellt.

Abb. 2 zeigt die Ergebnisse der IL-12 Bestimmungen in-vitro in pg IL-12/ml. Daneben sind die verwendeten Kontrukte schematisch dargestellt.

- 5 Abb. 3 zeigt das Ergebnis der Stabilitätsmessung in fötalem Kälberserum in Abhängigkeit der Zeit.



### Patentansprüche

1. Verwendung von Desoxyribonukleinsäuremolekülen,
  - die aus teilweise einsträngigen, hantelförmigen, kovalent geschlossenen Ketten von Desoxyribonukleosidresten bestehen, und
  - eine oder mehr Sequenzen der Basenfolge  $N^1N^2CGN^3N^4$  enthalten,
  - 5      • wobei  $N^1N^2$  ein Element aus der Gruppe GT, GG, GA, AT oder AA,  $N^3N^4$  ein Element aus der Gruppe CT oder TT, sowie C Desoxycytosin, G Desoxyguanosin, A Desoxyadenosin und T Desoxythymidin ist,

zur Immunstimulation oder Immunmodifikation in Menschen oder höheren Tieren.

10
2. Verwendung von Desoxyribonukleinsäuremolekülen nach Anspruch 1, wobei die Desoxyribonukleinsäuremoleküle eine Länge von 40-200 Nukleotiden aufweisen.
3. Verwendung von Desoxyribonukleinsäuremolekülen nach Anspruch 2,

15      wobei die Desoxyribonukleinsäuremoleküle eine Länge von 48-116 Nukleotiden aufweisen.
4. Verwendung von Desoxyribonukleinsäuremolekülen nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Sequenz der Basenfolge  $N^1N^2CGN^3N^4$  im einsträngigen Bereich liegt.
5. Verwendung von Desoxyribonukleinsäuremolekülen nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Stimulierung *in vitro* oder *in vivo* erfolgen kann.

20

6. Verwendung von Desoxyribonukleinsäuremolekülen nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche als Adjuvanz in der therapeutischen oder prophylaktischen Vakzinierung.
- 5 7. Verwendung von Desoxyribonukleinsäuremolekülen nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche zur Induktion einer Immunantwort gegen im Rahmen der MHC-I-Präsentation nicht aktivierende Antigene.
8. Verwendung von Desoxyribonukleinsäuremolekülen nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche zum Brechen der Toleranz gegenüber Autoantigenen.
- 10 9. Verwendung von Desoxyribonukleinsäuremolekülen nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche zum „Umpolen“ einer Typ2-Immunantwort auf eine Typ1-Antwort.
- 15 10. Verwendung von Desoxyribonukleinsäuremolekülen nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche enthaltend ein oder mehrere CpG-N-Motive zur Hemmung des stimulatorischen Effekts von ISS.
11. Desoxyribonukleinsäuremolekül,
  - das aus einer teilweise einsträngigen, hantelförmigen, kovalent geschlossenen Kette von Desoxyribonukleosidresten besteht, und
  - eine oder mehr Sequenzen der Basenfolge  $N^1N^2CGN^3N^4$  enthält,
- 20 • wobei  $N^1N^2$  ein Element aus der Gruppe GT, GG, GA, AT oder AA,  $N^3N^4$  ein Element aus der Gruppe CT oder TT, sowie C Desoxycytosin, G Desoxyguanosin, A Desoxyadenosin und T Desoxythymidin ist,
- dadurch gekennzeichnet, dass die Sequenz
- 25 a) GTTCCTGGAG ACGTTCTTAG GAACGTTCTC CTTGACGTTG  
GAGAGAAC oder

- 18 -

b) ACCTTCCTTG TACTAACGTT GCCTCAAGGAAGGTTGATCTTCA-TAACGTTGCCTAGATCA ist, oder

c) eine Desoxyribonukleinsäuresequenz der Basenfolge AACGTTCTTCGGGG CGTT enthält.

- 5      12. Desoxyribonukleinsäuremolekülen nach Anspruch 11, wobei die Basenfolge aus Merkmal c) in der Sequenz CCTAGGGGTT ACCACCTTCA TTGGAAAACG TTCTTCGGGG CGTTCTTAGG TGGTAACC CCTAGGGGTT ACCACCTTCA TTGGAAAACG TTCTTCGGGG CGTTCTTAGG TGGTAACC enthalten ist.
- 10      13. Desoxyribonukleinsäuremolekül nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Länge von 40-200 Nukleotiden aufweist.
14. Desoxyribonukleinsäuremolekül nach Anspruch 11 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Länge von 48-116 Nukleotiden aufweist.
- 15      15. Desoxyribonukleinsäuremolekül nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Sequenz der Basenfolge  $N^1N^2CGN^3N^4$  im einsträngigen Bereich liegt.

Fig. 1

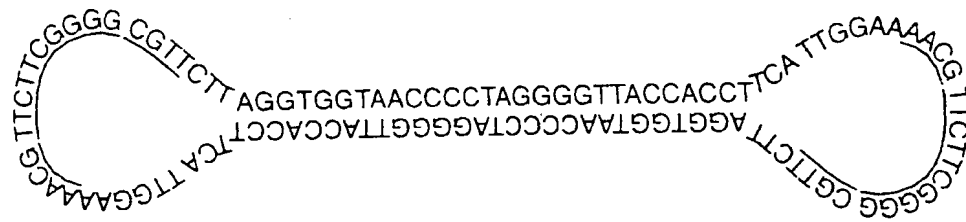


Fig. 2

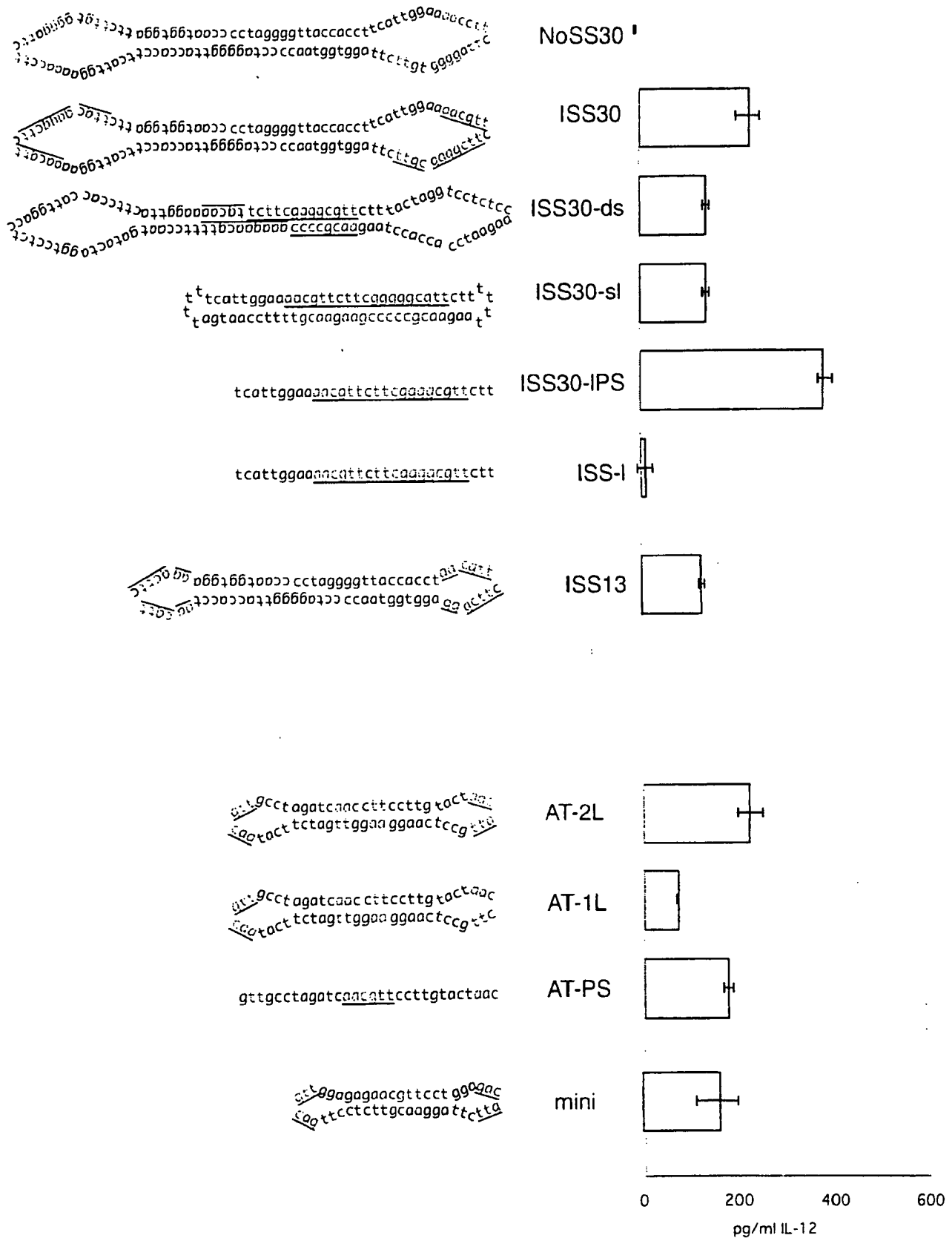
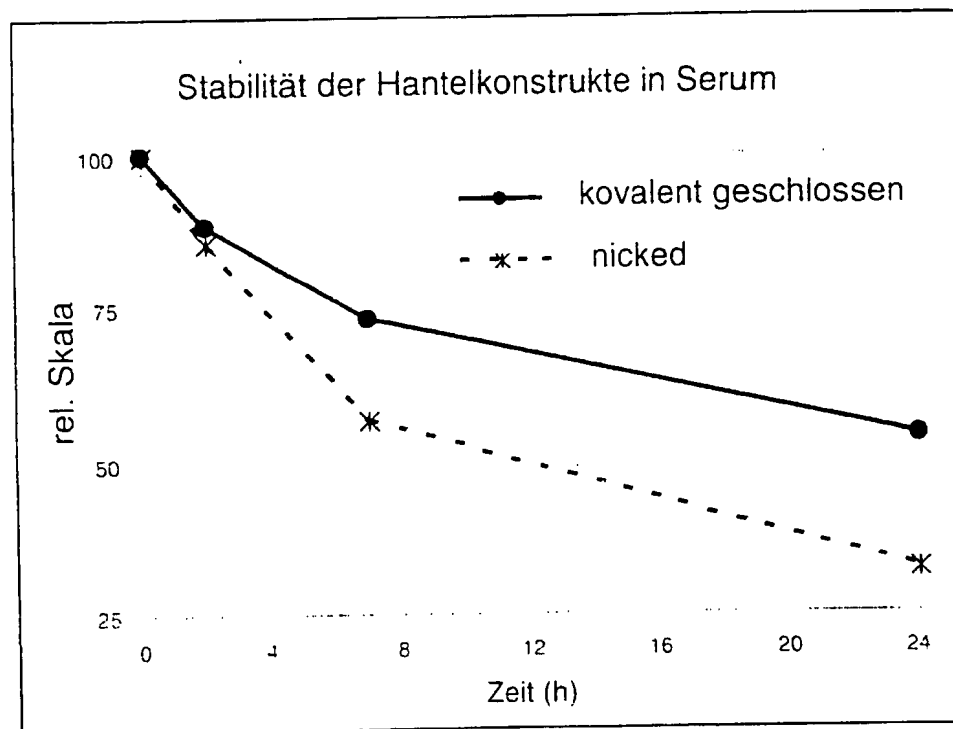


Fig. 3



## SEQUENCE LISTING

<110> Mologen Forschungs-, Entwicklungs- und Vertriebs G

<120> Kovalent geschlossenes Nukleinsäuremolekül zur  
Immunstimulation

<130> Mologen-ImmunPCT

<140>

<141>

<150> DE 199 35 756.0

<151> 1999-07-27

<160> 11

<170> PatentIn Ver. 2.1

<210> 1

<211> 60

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: circular  
single-stranded with stem loop structure  
(dumbbell), all phosphodiester

<400> 1

cttccttgta ctaaccttgc ctcaaggaag gttgatcttc ataacgttgc ctagatcaac 60

<210> 2

<211> 60

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: circular  
single-stranded with stem loop structure  
(dumbbell), all phosphodiester

<400> 2

accttccttg tactaacgtt gcctcaagga aggttgatct tcataacgtt gcctagatca 60

<210> 3

<211> 30

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: linear  
single-stranded sequence, first five and last  
three phosphoester linkages by thioate

<400> 3

gttgccctaga tcaacgttcc ttgtactaac

30

<210> 4

<211> 30

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: linear  
single-stranded sequence, all phosphodiester

<400> 4

tcattggaaa acgttcttcg gggcgttctt

30

<210> 5

<211> 30

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: linear  
single-stranded sequence, first five and last  
three phosphoester linkages by thioate

<400> 5

tcattggaaa acgttcttcg gggcgttctt

30

<210> 6

<211> 82

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: circular  
single-stranded with stem loop structure



(dumbbell), all phosphodiester

<400> 6

cctaggggtt accacctaac gttcttcggg aggtggtaac ccctaggggt taccacctaa 60  
cggtcttcgg gaggtggtaa cc 82

<210> 7

<211> 114

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: circular  
single-stranded with stem loop structure  
(dumbbell), all phosphodiester

<400> 7

tcttcggggc gttctttact aggtcctctc caggttacca cctaagaacg ccccgaaagaa 60  
cggtttccaa tgatactagg tcctctccag gttaccacct tcattggaaa acgt 114

<210> 8

<211> 68

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: circular  
single-stranded with stem loop structure  
(dumbbell), all phosphodiester

<400> 8

tcttcggggc gttctttttt aagaacgccc cgaagaacgt tttccaatga tttttcattg 60  
gaaaacgt 68

<210> 9

<211> 116

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: circular  
single-stranded with stem loop structure  
(dumbbell), all phosphodiester

<400> 9

cctaggggtt accaccttca ttggaaaacg ttcttcgggg cgttcttagg tggtaacccc 60  
taggggttac caccttcatt ggaaaacgtt cttcggggcg ttcttaggtg gtaacc 116

<210> 10

<211> 48

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: circular  
single-stranded with stem loop structure  
(dumbbell), all phosphodiester

<400> 10

gttcctggag acgttcttag gaacgttctc cttgacgttg gagagaac 48

<210> 11

<211> 60

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: circular  
single-stranded with stem loop structure  
(dumbbell), all phosphodiester

<400> 11

cttccttgta ctaaccttgc ctcaaggaag gttgatcttc ataacgttgc ctagatcaac 60

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/00565

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 A61K31/713 A61K31/711 A61P37/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 A61K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

STRAND, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 98 18810 A (UNIV IOWA RES FOUND ;KLINE JOEL N (US); KRIEG ARTHUR M (US)) 7 May 1998 (1998-05-07) cited in the application page 21, line 30 -page 22, line 7 page 63, line 10-12; claims; examples	1-15
Y	EP 0 855 184 A (HEEG KLAUS PROF DR ;LIPFORD GRAYSON B DR (DE); WAGNER HERMANN PROF) 29 July 1998 (1998-07-29) * Sequence2 * page 4, line 23-31; claims; example 1 --- -/--	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 August 2000

Date of mailing of the international-search report

18/08/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Veronese, A

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat. Application No.

PCT/DE 00/00565

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>CLUSEL C ET AL: "EX VIVO REGULATION OF SPECIFIC GENE EXPRESSION BY NANOMOLAR CONCENTRATION OF DOUBLE-STRANDED DUMBBELL OLIGONUCLEOTIDES"</p> <p>NUCLEIC ACIDS RESEARCH, GB, OXFORD UNIVERSITY PRESS, SURREY, vol. 21, no. 15, 25 July 1993 (1993-07-25), pages 3405-3411, XP000572382 ISSN: 0305-1048 the whole document</p>	1-15
Y	<p>FR 2 732 971 A (GENSET) 18 October 1996 (1996-10-18) page 4, line 20 -page 5, line 6; claims; figure 1 page 6, line 28 -page 7, line 30</p>	1-15
Y	<p>WO 98 21322 A (JUNGHANS CLAAS ;SOFT GENE GMBH (DE); WITTIG BURGHARDT (DE)) 22 May 1998 (1998-05-22) page 11, line 20 -page 12, line 3 figure 1 page 19, line 22 -page 20, line 7</p>	1-15
Y	<p>KRIEG A M ET AL: "OLIGODEOXYNUCLEOTIDE MODIFICATIONS DETERMINE THE MAGNITUDE OF B CELL STIMULATION BY CPG MOTIFS"</p> <p>ANTISENSE &amp; NUCLEIC ACID DRUG DEVELOPMENT, US, MARY ANN LIEBERT, INC., NEW YORK, vol. 6, no. 2, 1996, pages 133-139, XP000610233 ISSN: 1087-2906 the whole document</p>	1-15
A	<p>ERIE D ET AL: "A DUMBBELL-SHAPED, DOUBLE-HAIRPIN STRUCTURE OF DNA: A THERMODYNAMIC INVESTIGATION"</p> <p>BIOCHEMISTRY, 1987, XP002027687 the whole document</p>	1-15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/00565

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9818810 A	07-05-1998	AU 5242498 A CN 1235609 A EP 0948510 A	22-05-1998 17-11-1999 13-10-1999
EP 0855184 A	29-07-1998	AU 6293498 A WO 9832462 A EP 0971736 A	18-08-1998 30-07-1998 19-01-2000
FR 2732971 A	18-10-1996	EP 0820508 A WO 9632473 A	28-01-1998 17-10-1996
WO 9821322 A	22-05-1998	DE 19648625 A AU 5308698 A DE 19781276 D EP 0941318 A	14-05-1998 03-06-1998 30-09-1999 15-09-1999

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen

PCT/DE 00/00565

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 A61K31/713 A61K31/711 A61P37/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 A61K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

STRAND, EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 98 18810 A (UNIV IOWA RES FOUND ;KLINE JOEL N (US); KRIEG ARTHUR M (US)) 7. Mai 1998 (1998-05-07) in der Anmeldung erwähnt Seite 21, Zeile 30 -Seite 22, Zeile 7 Seite 63, Zeile 10-12; Ansprüche; Beispiele	1-15
Y	EP 0 855 184 A (HEEG KLAUS PROF DR ;LIPFORD GRAYSON B DR (DE); WAGNER HERMANN PROF) 29. Juli 1998 (1998-07-29) * Sequenz 2 * Seite 4, Zeile 23-31; Ansprüche; Beispiel 1	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. August 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

18/08/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Veronese, A

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>CLUSEL C ET AL: "EX VIVO REGULATION OF SPECIFIC GENE EXPRESSION BY NANOMOLAR CONCENTRATION OF DOUBLE-STRANDED DUMBBELL OLIGONUCLEOTIDES"</p> <p>NUCLEIC ACIDS RESEARCH,GB,OXFORD UNIVERSITY PRESS, SURREY, Bd. 21, Nr. 15, 25. Juli 1993 (1993-07-25), Seiten 3405-3411, XP000572382 ISSN: 0305-1048 das ganze Dokument</p>	1-15
Y	<p>FR 2 732 971 A (GENSET)</p> <p>18. Oktober 1996 (1996-10-18) Seite 4, Zeile 20 -Seite 5, Zeile 6; Ansprüche; Abbildung 1 Seite 6, Zeile 28 -Seite 7, Zeile 30</p>	1-15
Y	<p>WO 98 21322 A (JUNGHANS CLAAS ;SOFT GENE GMBH (DE); WITTIG BURGHARDT (DE))</p> <p>22. Mai 1998 (1998-05-22) Seite 11, Zeile 20 -Seite 12, Zeile 3 Abbildung 1 Seite 19, Zeile 22 -Seite 20, Zeile 7</p>	1-15
Y	<p>KRIEG A M ET AL: "OLIGODEOXYNUCLEOTIDE MODIFICATIONS DETERMINE THE MAGNITUDE OF B CELL STIMULATION BY CPG MOTIFS"</p> <p>ANTISENSE &amp; NUCLEIC ACID DRUG DEVELOPMENT,US,MARY ANN LIEBERT, INC., NEW YORK, Bd. 6, Nr. 2, 1996, Seiten 133-139, XP000610233 ISSN: 1087-2906 das ganze Dokument</p>	1-15
A	<p>ERIE D ET AL: "A DUMBBELL-SHAPED, DOUBLE-HAIRPIN STRUCTURE OF DNA: A THERMODYNAMICINVESTIGATION"</p> <p>BIOCHEMISTRY, 1987, XP002027687 das ganze Dokument</p>	1-15

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat. Aktenzeichen

PCT/DE 00/00565

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9818810 A	07-05-1998	AU 5242498 A	22-05-1998
		CN 1235609 A	17-11-1999
		EP 0948510 A	13-10-1999
EP 0855184 A	29-07-1998	AU 6293498 A	18-08-1998
		WO 9832462 A	30-07-1998
		EP 0971736 A	19-01-2000
FR 2732971 A	18-10-1996	EP 0820508 A	28-01-1998
		WO 9632473 A	17-10-1996
WO 9821322 A	22-05-1998	DE 19648625 A	14-05-1998
		AU 5308698 A	03-06-1998
		DE 19781276 D	30-09-1999
		EP 0941318 A	15-09-1999